

混和材料を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみに関する実験研究  
(その3 環境条件および試験条件による影響)

正会員 ○大野吉昭 1\*      正会員      高橋祐一 4\*  
同      鹿毛忠継 2\*      同      西 祐宜 5\*  
同      唐沢智之 3\*      同      荒金直樹 6\*

乾燥収縮                  収縮低減剤                  膨張材  
体積表面積比          湿度                          予測式

1. はじめに

日本建築学会「鉄筋コンクリート構造物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説(2006)」(以降、指針と記す)に示される収縮ひずみ予測式は、使用材料や調合といったコンクリート自体の内的要因の影響に加え、体積表面積比 V/S ならびに相対湿度のように外的要因の影響を考慮した関数で定義される。

その1では実験の概要などを記述し、その2では材料および調合の影響について検討を行った。その3では、収縮ひずみ予測式で定義される V/S 及び相対湿度が乾燥収縮ひずみに与える影響について実験検証を行い、乾燥材齢 182 日における予測値と実測値の比較検証を行った。

2. 実験方法

2.1. 使用材料と調合

その1に示すようコンクリートの使用材料は、結合材を普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm<sup>3</sup>)、細骨材を大井川産川砂(密度 2.57g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 1.02%), 粗骨材を岩瀬産硬質砂岩砕石(密度 2.65g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 0.71%), 化学混和剤を AE 減水剤(リグニルスルホン酸系)とし、混和材料として膨張材(石灰系)、収縮低減剤(グリコールエーテル系誘導体または低級アルコールアルキルオキシ付加物)を用いた。基準調合 N5-18N は、水セメント比 50%, 単位水量 185kg/m<sup>3</sup>, 混和材料無しとし、混和材料の使用方法別(単体または併用)の調合を加えて計画した。なお、単位粗骨材かさ容積は 0.56m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> 一定とした。

2.2. 実験方法

実験は、JIS A1129-1「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法—第2部:コンタクトゲージ方法」に従い、角柱供試体を用いて乾燥収縮ひずみ及び質量変化率の測定を行った。標準供試体は、寸法 100×100×400mm にゲージプラグを両面に貼付け計画基長 300mm とし、試験条件ごとに3体とした。試験条件と使用材料及び調合の組合せを表1に示す。

試験条件は、V/S を標準供試体と小型供試体(寸法 75×75×300mm, 計画基長 200mm)で全面乾燥または二面乾燥とし、相対湿度を標準湿度 60%, 低湿度 40%ならびに高湿度 80%で環境温度を 20℃で実施した。二面乾燥供試体は、ゲージプラグ貼付面を乾燥面とし、それ以外の四面を基長直後にエポキシ樹脂でシール(約 100g/m<sup>2</sup>)した。なお、質量はエポキシ樹脂の塗布前後で測定を行った。

3. 乾燥収縮ひずみと質量変化率の測定結果

3.1. 体積表面積比 V/S に関する検証

図1に供試体寸法と体積表面積比 V/S を増減させた場合の乾燥収縮ひずみの結果を示す。標準供試体と小型供試体の乾燥収縮ひずみは、乾燥条件が同じ場合に概ね一致した。二面乾燥は、全面乾燥より乾燥を受ける面積が小さく、若材齢の乾燥収縮ひずみは小さいが、材齢が進むに従い乾燥収縮ひずみの差が小さくなる傾向にあった。

また、図2に示すように、小型供試体も W/C の増減に伴い質量減少に差が生じるが、乾燥収縮ひずみへの影響は小さかった。ただし、小型供試体は、図1, 2に示すようにいずれの調合も標準と比べ乾燥材齢 56 日では乾燥収縮ひずみが大きく、乾燥材齢 182 日では小さい結果を示すが、質量変化率ではそのような傾向は確認されない。予測式では、乾燥収縮ひずみの測定値から終局値を予測するため、測定材齢によっては予測値に影響を与えることも考えられるため、今後検証を行う予定である。

表1 試験条件と使用材料及び調合の組合せ

試験条件		調合別の体積表面積比(mm)						
		N5-18N	A4-18N	B6-18N	E5-18E	F5-18S <sub>1</sub>	G5-18S <sub>2</sub>	H5-18ES <sub>2</sub>
全面乾燥	標準	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2
	小型	16.7	16.7	16.7	—	—	—	—
二面乾燥	標準	50.0	—	—	—	—	—	—
	小型	37.5	—	—	—	—	—	—
湿度(%)		60,(40,80)		60				

※調合 N5-18N における( )内の湿度は、全面乾燥標準供試体のみ実施。また、V/S 記載のみ試験を実施した。

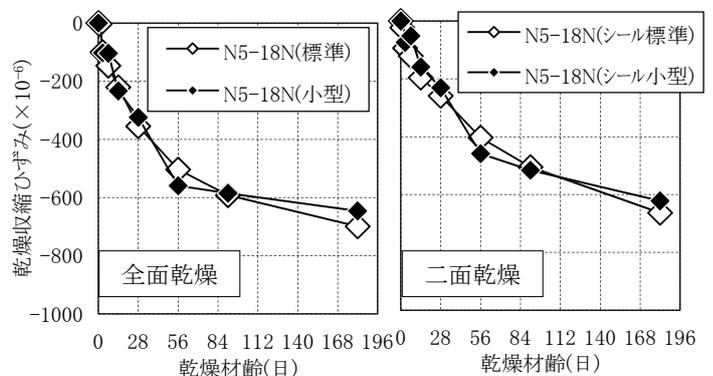


図1 乾燥収縮ひずみとV/S 関係(寸法及び乾燥面)

Experimental Study on Drying Shrinkage of Concrete using Admixtures.

Part3. Influence of Environmental Condition and Testing Condition.

OHNO Yoshiaki, KAGE Tadatsugu, KARASAWA Tomoyuki, TAKAHASHI Yuichi, NISHI Hironobu and ARAGANE Naoki

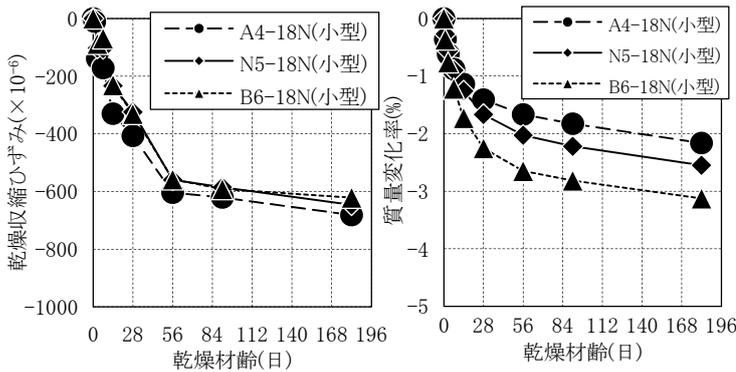


図2 乾燥収縮ひずみ及び質量変化率とV/Sの関係

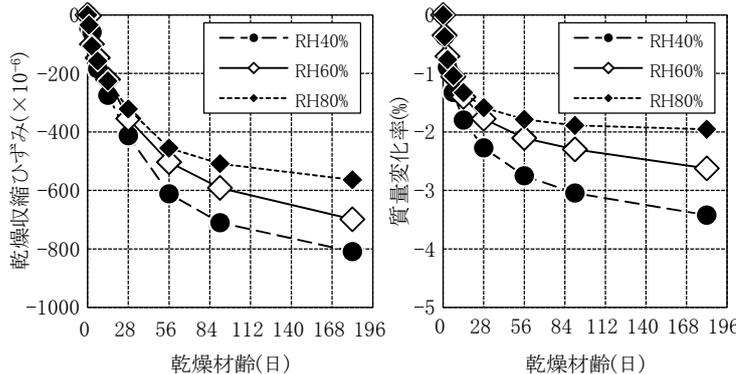


図3 乾燥収縮ひずみ及び質量変化率と相対湿度の関係(N5-18N)

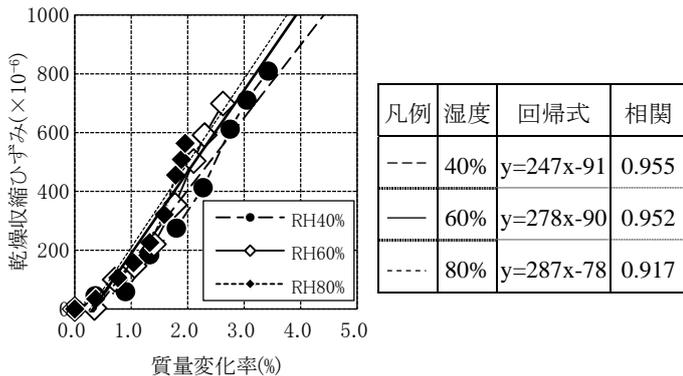


図4 乾燥収縮ひずみと質量変化率の関係(N5-18N)

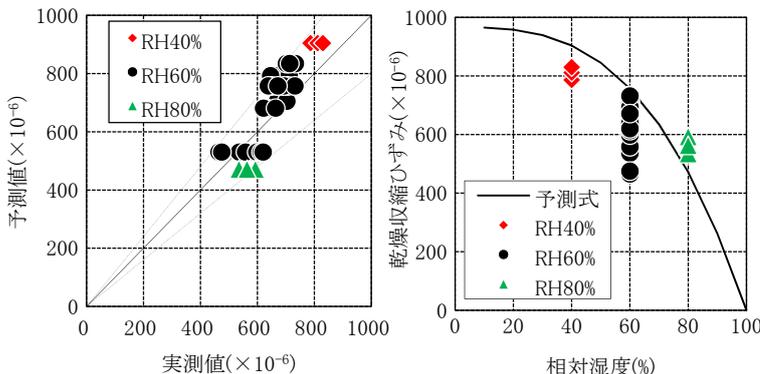


図5 予測値と実測値の関係

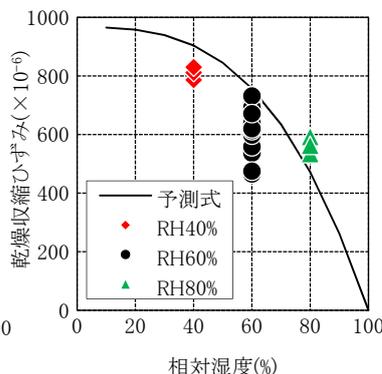


図6 予測式と実測値の関係

### 3.2.相対湿度に関する検証

図3は、標準調合 N5-18 の乾燥収縮ひずみ及び質量変化率と相対湿度の関係を示している。乾燥材齢 182 日における標準湿度 60%の乾燥収縮ひずみが  $699 \times 10^{-6}$ 、質量変化率が 2.62%であった。標準湿度 60%に対する乾燥収縮ひずみの比は、低湿度 40%で 1.16、高湿度 80%で 0.81 と湿度上昇に伴い乾燥収縮ひずみが減少した。また、材齢別の乾燥収縮ひずみ比は、40%と 60%が若材齢から材齢 182 日まで 1.16~1.26 の範囲で推移しているのに対し、80%と 60%の場合、若材齢では 1.03~1.08 と高湿度の乾燥収縮ひずみが大きく、乾燥材齢 28 日で 0.91 となり以降の材齢で高湿度の乾燥収縮ひずみが小さくなる傾向にあった。これは、高湿度環境下の若材齢においては、コンクリートの水和反応が活発に行われることにより、自己収縮が促進されることが要因として考えられる。

質量変化率は、高湿度 80%の概乾燥材齢 56 日までは減少傾向にあるが、それ以降の材齢では質量変化率が収束してくるが、標準湿度 60%以下では、乾燥材齢 182 日でも質量変化率が収束せず減少傾向にあった。

また、乾燥収縮ひずみと質量変化率の関係に及ぼす湿度の影響については、40%で 0.955、60%で 0.952、80%で 0.917 と高い相関を示すとともに、それぞれの回帰式の傾きの差も小さく、湿度による影響は少ないといえる。

### 4. 収縮ひずみ予測式と実測値の比較検証

図5は、収縮ひずみ予測式による予測値と実測値の関係を示している。なお、湿度 60%の収縮ひずみには混和材料を用いた調査を含む(ただし、膨張材では  $\gamma_3=1.0$ )。また、図6は、予測式の変動要因を相対湿度のみの予測値を示す曲線で、調合 N5-18N を基準に算出し、乾燥材齢 182 日の実測値を湿度別に示したものである。予測値/実測値の比は、湿度 40%で 1.12、湿度 60%で 1.07、湿度 80%で 0.84 であり、湿度が低いほど安全側の評価となる。

### 5. まとめ

- 1)体積表面積比 V/S の乾燥収縮ひずみへの影響は、一定割合で縮小した供試体を全面乾燥しても少なく、供試体を小型化することも可能である。
- 2)乾燥収縮ひずみと質量変化率の関係には、相対湿度による影響が少ない。
- 3)高湿度の環境下では、予測値より実測値が大きい。これは、若材齢の高湿度環境で収縮ひずみが促進された影響が考えられる。ただし、継続的に高湿度環境下であれば、比較的早い段階で、乾燥収縮ひずみは収束する。

参考文献 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説(2006), pp.53-60

1\*(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター  
 2\*(独)建築研究所材料研究グループ Ph.D.  
 3\*鉄建建設(株)エンジニアリング本部研究開発部  
 4\*五洋建設(株)建築エンジニアリング部  
 5\*(株)フローリック技術本部コンクリート研究所  
 6\*東洋建設(株)総合技術研究所

1\* Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab.  
 2\* Building Research Institute, Ph.D.  
 3\*TEKKEN CORPORATION, Construction Technology Center.  
 4\*Penta-ocean Construction,Engineering Division.  
 5\*Concret Lab,FLOWRIC  
 6\*Technical Research Institute,Toyo Construction Co.,Ltd.